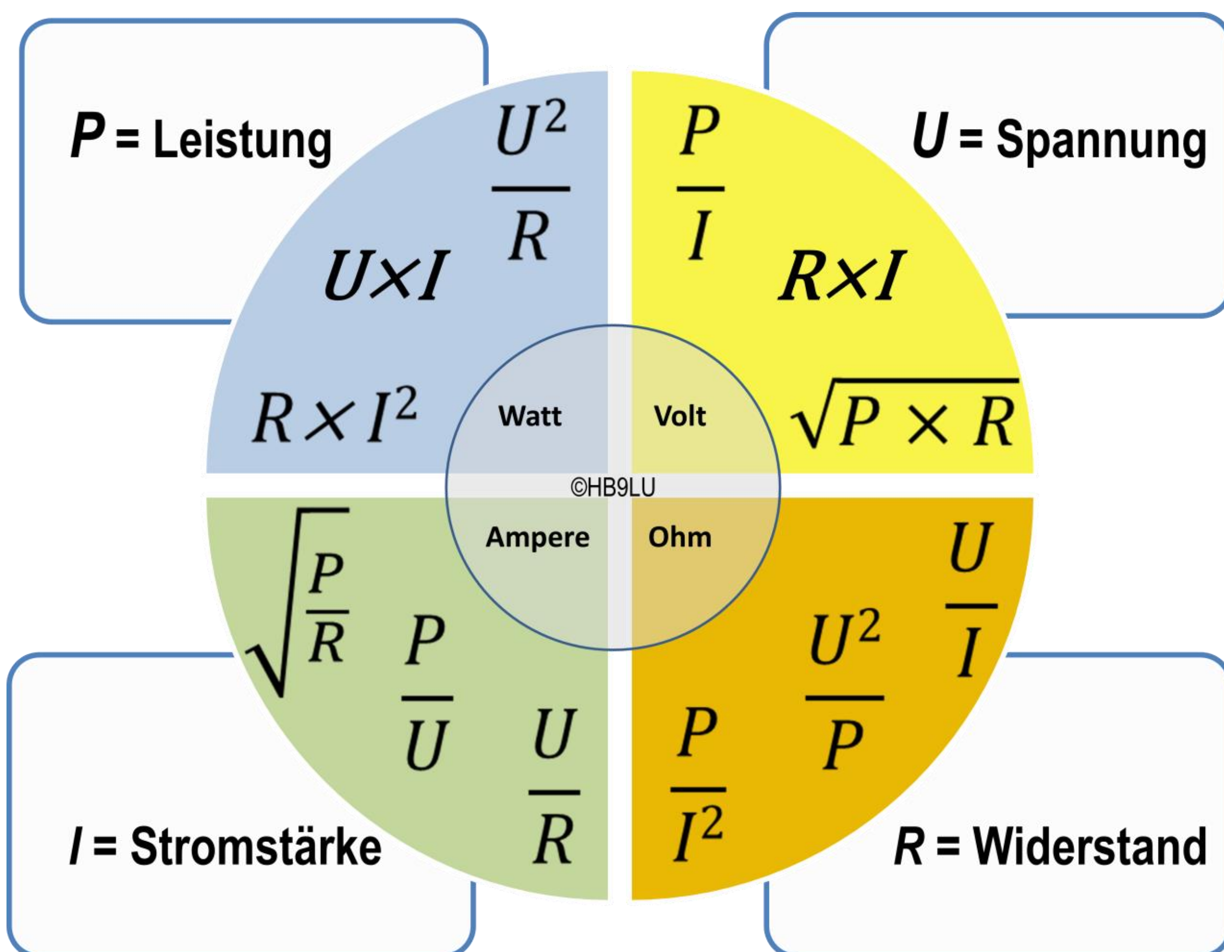
HB9LU

Union Schweizerischer Kurzwellen-Amateure HB9 LU Sektion Luzern

Formelsammlung

für die Funkamateurprüfung



Formeln für die Funkamateurprüfung

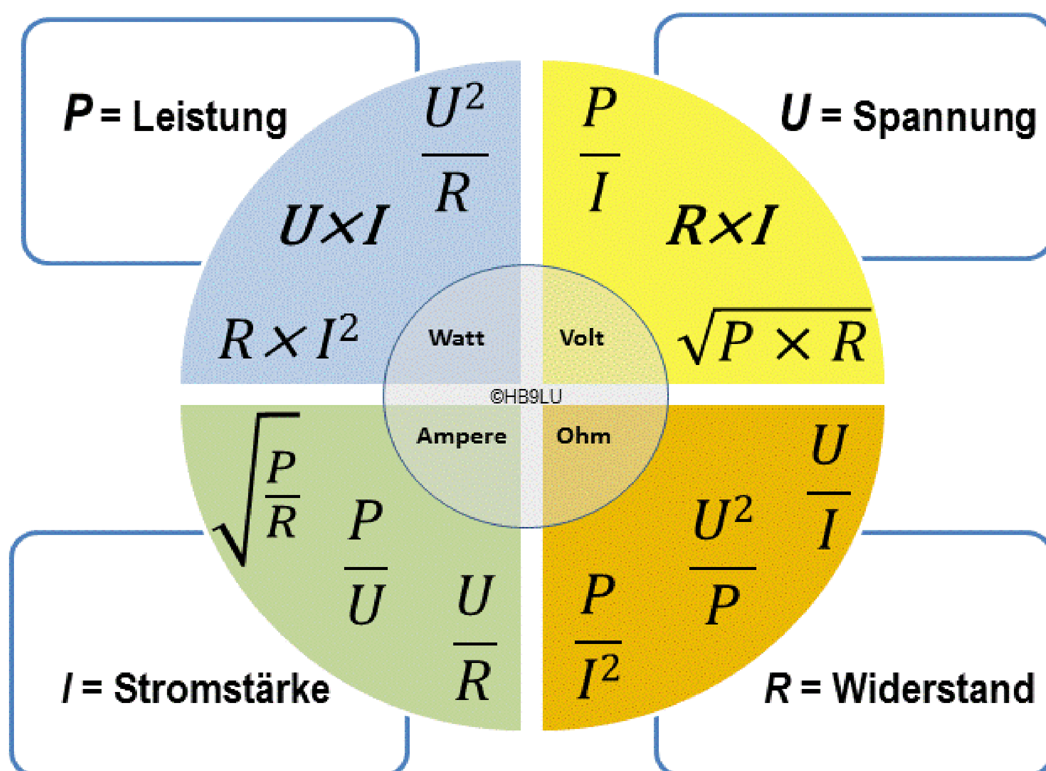
Zusammengestellt von HB9THJ

Überarbeitungen / Korrekturen / Ergänzungen

HB9ENL	2021 Dezember, Korrekturen Feldstärke
HB9HNL	2021 November, Korrekturen Kondensator
HB9THJ	2021 Oktober (neu geschrieben, neuer Formeleditor)
HB9JCB / HB9THJ	2015 September, kleine Anpassungen
HB9THJ	2015 Mai, Anpassung Abkürzung lg ->log
HB9JCB / HB9THJ	2014 August, Operationsverstärker
HB9JCB	2014 Februar PURI
HB9JCB	2013 November dB-Tabelle entfernt, SI-Einheiten
HB9JCB	2013 Oktober N2,Bandbreite(CW),Potenzen, Korrekturen
HE9BEN	2013 Juli
HE9BEN	2012 Dezember
HB9THJ	1996 Erstellung Formelbuch

Hier eine Liste von Links für den AfuKurs

Bakom:	Anbieter von Kursen für den Amateurfunk (admin.ch)
DJ4UF Moltrecht:	Amateurfunklehrgang von Eckart K.W. Moltrecht | Willkommen (dj4uf.de)
DARC:	DARC-Online-Lehrgang - DARC
Hamradiotrainer:	HamRadioTrainer
Buchtipp:	Amateurfunk - Harald Zisler - Buch kaufen | Ex Libris



Formeln für die Funkamateurprüfung

Kreis:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \qquad A = \pi \cdot r^2 \qquad d = 2 \cdot \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$U = d \cdot \pi \qquad U = 2\pi \cdot r \qquad d = \frac{U}{\pi}$$

A	=	Fläche	m²
d	=	Durchmesser	m
r	=	Radius	m
U	=	Umfang	m

Leitungswiderstand:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \qquad l = \frac{R \cdot A}{\rho} \qquad A = \frac{\rho \cdot l}{R}$$

D	=	Drahtdurchmesser	mm
L	=	Leiterlänge	m
R	=	Leiterwiderstand bei T	Ω
A	=	Leiterquerschnitt	mm²
P	=	Spezifischer Widerstand	$\frac{\Omega mm^2}{2}$

Trafo:

$$N2 = \sqrt{\frac{{N_1}^2 \cdot R_2}{R_1}}$$

1	=	Eingangsseite / primär
2	=	Ausgangsseite / sekundär
Ü	=	Übersetzungsverhältnis
N	=	Windungszahl

$$ü = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

$$U_1 = U_2 \cdot ü = \frac{P}{I_1} = \sqrt{P \cdot Z_1} \qquad U_2 = \frac{U_1}{ü} = \frac{P}{I_2} = \sqrt{P \cdot Z_2}$$

$$I_1 = \frac{I_2}{ü} = \frac{P}{U_1} = \sqrt{\frac{P}{Z_1}} \qquad I_2 = I_1 \cdot ü = \frac{P}{U_2} = \sqrt{\frac{P}{Z_2}}$$

$$R_1 = R_2 \cdot ü^2 \qquad R_2 = \frac{R_1}{ü^2}$$

$$Z_1 = Z_2 \cdot ü^2 = \frac{U_1^2}{P} \qquad Z_2 = \frac{Z_1}{ü^2} = \frac{U_2^2}{P}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 \qquad P_2 = P_1 - P_v$$

I	=	Strom	A
R	=	Widerstand	Ω
L	=	Induktivität	H
C	=	Kapazität	F
Z	=	Impedanz	Ω
U	=	Spannung	V
P	=	Wirkleistung	W
η	=	Wirkungsgrad in	%
Pv	=	Verlustleistung	W

Ohmsches Gesetz / Leistung:

$$U = R \cdot I = \sqrt{P \cdot R} = \frac{P}{I}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U^2}{P} = \frac{P}{I^2}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{P}{U} = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$$

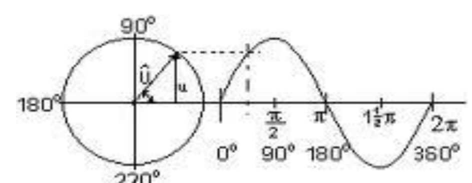
U	=	Spannung	V
R	=	Widerstand	Ω
I	=	Strom	A
P	=	Leistung	W

Wechselspannung Sinus:

$$U = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot u_S \qquad u_s = \sqrt{2} \cdot U \qquad u_{SS} = 2\sqrt{2} \cdot U$$

$$\omega = 2\pi \cdot f$$

U	=	Effektivwert	V
U_s	=	Spitzenwert	V
U_{ss}	=	Spitzen-Spitzenwert	V
ω	=	Kreisfrequenz	1/s

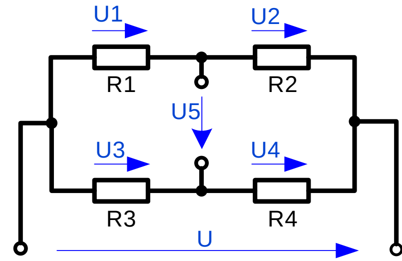


Formeln für die Funkamateurprüfung

Brückenschaltung

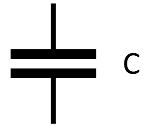
$R_1 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_4}$ $R_2 = R_1 \cdot \frac{R_4}{R_3}$

$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_2}$ $R_4 = R_3 \cdot \frac{R_2}{R_1}$



Zeitkonstante

$\tau = R \cdot C$ $C = \frac{\tau}{R}$ $R = \frac{\tau}{C}$



C Aufladung an U=

Vollständige Lade- und Entladedauer $t \approx 5 \cdot \tau$

$1\tau = 0.63 \cdot U$ $4\tau = 0.98 \cdot U$

$Q = I \cdot t = U \cdot C$ $t = \frac{Q}{I}$ $U = \frac{Q}{C}$ $C = \frac{Q}{U}$

$u_C = U\left(1 - e^{-t/RC}\right) = \frac{I \cdot t}{C}$ $i_C = I \cdot e^{-t/RC}$

C Entladung an U=

$1\tau = 0.37 \cdot U$ $4\tau = 0.02 \cdot U$

$u_C = U \cdot e^{-t/RC}$ $i_C = I \cdot e^{-t/RC}$

$t = -1 \cdot R \cdot C \cdot LN\left(\frac{u_C}{U}\right)$

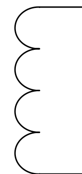
$$C = \frac{-t}{R \cdot LN\left(\frac{u_C}{U}\right)}$$

$$R = \frac{-t}{C \cdot LN\left(\frac{u_C}{U}\right)}$$

Q	=	Ladung im Kondensator in Coulomb	As
u_C	=	Augenblickswert der Kondensatorspannung in	V
i_C	=	Augenblickswert der Kondensatorstromes in	A
U; I	=	Anfangs bzw. Endwert von Spannung und Strom	
e	=	Basis des natürlichen Logarithmus	[1]
			[INV]
			[LNx]

Formeln für die Funkamateurprüfung

Zeitkonstante



$\tau = \frac{L}{R}$ $L = R \cdot \tau$ $R = \frac{L}{\tau}$

L Einschalten an U=

$u_l = U \cdot e^{-t/\tau}$

$$L = \frac{U_L \cdot \Delta_t}{\Delta_I}$$

$i = I\left(1 - e^{-t/\tau}\right) = \frac{U}{R}$ $U_L = -L \cdot \frac{\Delta_I}{\Delta_t}$

L Ausschalten von U=

$$i = I \cdot e^{-t/\tau} = \frac{U}{R}$$

$$\tau = \frac{-t}{LN \cdot \left(1 - \left(\frac{i}{L}\right)\right)}$$

$$L = \frac{U_L \cdot \Delta_t}{\Delta_I}$$

$$-t = \tau \cdot LN \cdot \left(1 - \left(\frac{i}{I}\right)\right)$$

u_l	=	Augenblickswert der Spulenspannung in	V
i_l	=	Augenblickswert des Spulenstromes in	A
U,I	=	Anfangs bzw. Endwert von Spannung und Strom	
e	=	Basis des natürlichen Logarithmus	[1] [INV] [LNx]

Spulenwicklung

$$L = A_L \cdot N^2 = \frac{\Phi \cdot N}{l} = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A \cdot N^2}{l}$$

$N_1 = \sqrt{\frac{L_1 \cdot N_2^2}{L_2}}$ $N_2 = \sqrt{\frac{L_2 \cdot N_1^2}{L_1}}$

$L_1 = \frac{L_2 \cdot N_1^2}{N_2^2}$ $L_2 = \frac{L_1 \cdot N_1^2}{N_2^2}$

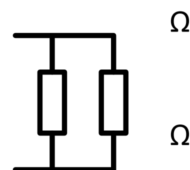
$2 \cdot N \rightarrow 4 \cdot L \rightarrow 4 \cdot U_L$

L	=	Induktivität in	V_s/A
N	=	Windungszahl	
l	=	Mittlere Feldlinienlänge in	m
A_L	=	Spulenkonstante in	V_s/A
μ_0	=	magnetische Feldkonstante	
μ_r	=	Relative Permeabilität	

Formeln für die Funkamateurprüfung

R – parallel

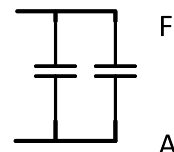
$R_{ges} = \frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+...+\frac{1}{R_n}}$ $R_1 = \frac{1}{\frac{1}{R}-\frac{1}{R_2}-\frac{1}{R_3}-...-\frac{1}{R_n}}$ Ω



$R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1+R_2}$ $R_1 = \frac{R_2 \cdot R_{ges}}{R_2-R_{ges}}$ Ω

C – parallel:

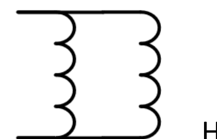
$C_{ges} = C_1 + C_2 + C_3$ $X_C = \frac{1}{\frac{1}{X_{C_1}}+\frac{1}{X_{C_2}}+\frac{1}{X_{C_3}}}$ F



$I_{c_1} = \frac{I_{ges}}{C_1+C_2} \cdot C_1$ (wenn $C_1 > C_2$) A

$I_{c_2} = \frac{I_{ges}}{C_1+C_2} \cdot C_2$ (wenn $C_1 > C_2$) A

$C_1 = \frac{C_2 \cdot I_{C1}}{I_{ges}-I_{C1}} = \frac{C_2 \cdot I_{C1}}{I_{C2}}$ $C_2 = \frac{C_1 \cdot I_{C_2}}{I_{ges}-I_{C_2}} = \frac{C_1 \cdot I_{C_2}}{I_{C_1}}$ F



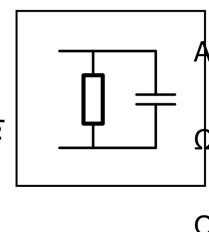
L – parallel:

$L_{ges} = \frac{1}{\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}+...+\frac{1}{L_n}}$ $L_1 = \frac{1}{\frac{1}{L}-\frac{1}{L_2}-\frac{1}{L_3}-...-\frac{1}{L_n}}$ H

$X_{L_{gesammt}} = \frac{1}{\frac{1}{X_{L_1}}+\frac{1}{X_{L_2}}+\frac{1}{X_{L_3}}+..+\frac{1}{X_{L_n}}+}$ Ω

RC – parallel – Schaltung:

$I_{ges} = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$ $I_C = \sqrt{I^2 - I_R^2}$ $I_R = \sqrt{I^2 - I_C^2}$ A



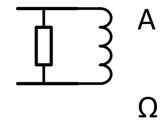
$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ $R = \sqrt{Z^2 - X_c}$ $X_C = \sqrt{Z^2 - R^2}$ Ω

$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$ Ω

Formeln für die Funkamateurprüfung

RL – parallel – Schaltung:

$I_{ges} = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$ $\quad I_L = \sqrt{I^2 - I_R^2}$ $\quad I_R = \sqrt{I^2 - I_L^2}$ A

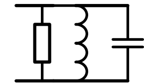


$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ $\quad R = \sqrt{Z^2 - X_L^2}$ $\quad X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$ Ω

RLC – parallel - Schaltung

$I_{ges} = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$ $\quad I_C = I_L + \sqrt{I_{ges}^2 - I_R^2}$ $\quad I_L = I_C - \sqrt{I_{ges}^2 - I_R^2}$ A

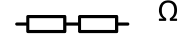
$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$ $\quad X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$



$Z = \sqrt{R^2 + (XL - XC)^2}$ $\quad Z_{res} = \frac{L}{C \cdot R_v}$ $\quad R_v = \frac{L}{C \cdot Z_{res}}$ Ω

R – serie:

$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3$ Ω



C - serie

$C_{ges} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots + \frac{1}{C_n}}$ $\quad C_1 = \frac{1}{\frac{1}{C} - \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_3} - \ldots - \frac{1}{C_n}}$ F

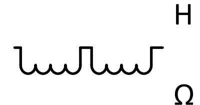


$X_{C_{ges}} = X_{C_1} + X_{C_2} + X_{C_3} + \ldots X_{C_n}$ Ω

$U_1 = \frac{C_2 \cdot U}{C_2 + C_1}$ $\quad U_2 = \frac{C_1 \cdot U}{C_1 + C_2}$ V

L serie

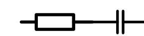
$L_{ges} = L_1 + L_2 + \ldots . + L_n$ H



$X_{L_{ges}} = X_{L_1} + X_{L_2} + \ldots + X_{L_n}$ Ω

RC-serie - Schaltung:

$Z \rightarrow \sqrt{R^2 + X_C^2}$ $\quad X_C = \sqrt{Z^2 - R^2}$ $\quad R = \sqrt{Z^2 - X_C^2}$ Ω



$U_{ges} = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$ $\quad U_c = \sqrt{U_{ges}^2 - U_C^2}$ $\quad U_R = \sqrt{U_{ges}^2 - U_C^2}$ V

$f_{gr} = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$ Grenzfrequenz von Tiefpass in Hz

Formeln für die Funkamateurprüfung

RL-serie - Schaltung:

$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ $\quad X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$ $\quad R = \sqrt{Z^2 - X_L^2}$

$U_{ges} = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$ $\quad U_L = \sqrt{U_{ges}^2 - U_R^2}$ $\quad U_R = \sqrt{U_{ges}^2 - U_L^2}$

RLC – serie – Schaltung:

$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ $\quad X_L = X_C + \sqrt{Z^2 - R^2}$

$X_C = X_L - \sqrt{Z^2 - R^2}$ $\quad X_L = 2\pi \cdot f \cdot l$

$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$ $\quad U_{ges} = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$

Kapazitiver Blindwiderstand:

$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$ $\quad C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C}$ $\quad f = \frac{1}{X_C \cdot 2\pi \cdot C}$

induktiver Blindwiderstand:

$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$ $\quad L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f}$ $\quad f = \frac{X_L}{2\pi \cdot L}$

Drehkondensator, Variometer

$f_u^2 \cdot C_e = f_o^2 \cdot C_a$ $\quad f_u^2 \cdot L_e = f_o^2 \cdot L_a$

$f_o = \sqrt{\frac{C_e}{C_a} \cdot f_u^2}$ $\quad f_u = \sqrt{\frac{C_a}{C_e} \cdot f_o^2}$

$f_v = \frac{f_o}{f_u} = \sqrt{\frac{C_e}{C_a}} = \sqrt{\frac{L_e}{L_a}}$ $\quad f_v^2 = \frac{C_e}{C_a} = \frac{L_e}{L_a}$

$C_p = \frac{f_u^2 * \Delta C}{f_o^2 - f_u^2} - C_a$ $\quad C_p = \frac{f_u^2 * C_e - f_o^2 * C_a}{f_o^2 - f_u^2}$

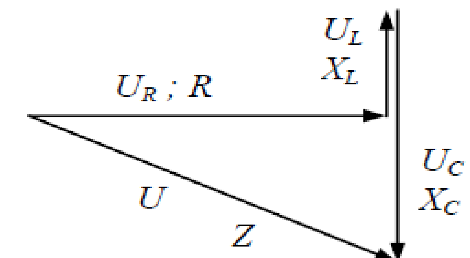
Parallel – Kondensator zum Drehkondensator

$f_u^2 \cdot (C_e + C_p) = f_0^2 \cdot (C_a + C_p)$

$f_v = \frac{f_o}{f_u} = \sqrt{\frac{C_e + C_p}{C_a + C_p}}$ $\quad f_v^2 = \frac{C_e + C_p}{C_a + C_p} = C_{vere}$

$C_p = \frac{C_e - C_{vere} \cdot C_a}{C_{vere} - 1}$ $\quad C_{vere} = f_v^2 = \left(\frac{f_o}{f_u}\right)^2$

$U = Z \cdot I$



U	Wechselspannung	
Z	Impedanz/Scheinwiderstand	
X	Blindwiderstand	
f_u	untere Grenzfrequenz	Hz
f_o	obere Grenzfrequenz	Hz
C_a	Anfangskapazität (ausgedreht) F	
C_e	Endkapazität (eingedreht) F	
ΔC	Veränderbare Kapazität (Anfang – Ende)	
f_v	Frequenzverhältnis f_o zu f_u.	
L_a	Anfangsinduktivität	H
L_e	Endinduktivität	H
C_{vere}	C Verhältnis erforderlich	
C_p	Parallelkondensator zu LC F	

Spezialfall wenn $f_o = 2 \cdot f_u$ dann ist $C_e + C_p = 4 \cdot (C_a + C_p)$ $\quad C_p = \frac{C_e - 4 \cdot C_a}{3}$

Formeln für die Funkamateurprüfung

Periodendauer Schwingkreis

$$t = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$$

Resonanzfrequenz Schwingkreis LC bei X_L=X_C:

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \qquad f_{res} = b \cdot Q = \frac{f_o + f_u}{2} \qquad C = \frac{1}{(2\pi \cdot f_{res})^2 \cdot L} \qquad L = \frac{1}{(2\pi \cdot f_{res})^2 \cdot C}$$

Bandbreite:

$$b = \frac{f_{res}}{Q} = \frac{R_v}{2\pi \cdot L} = f_o - f_u \qquad R_v = 2\pi \cdot L \cdot b$$

Güte:

$$Q = \frac{f_{res}}{b} = \frac{f_o + f_u}{2 \cdot (f_o - f_u)} = \frac{1}{d}$$

Güte Parallelschwingkreis: Z_{res}=R_p=R_{res}

$$Q = \frac{Z_{res}}{X_L} = \frac{Z_{res}}{X_C} = \frac{R_p}{X_L} = R_p \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$$

Güte Serieschwingkreis: Z_{res}=R_v=R_{res}

$$Q = \frac{X_L}{R_v} = \frac{\omega_L}{R_v} = \frac{1}{R_v}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{X_c}{R_v} = \frac{1}{R_{v\omega C}}$$

Wellenlänge / Frequenz:

$$f[kHz] = \frac{300'000}{\lambda} \qquad f\,[MHz] = \frac{300}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{300}{f[MHz]}$$

t	= Periodendauer	1/f	s
f_{res}	= Resonanzfrequenz		Hz
L	= Induktivität		H
C	= Kapazität		F
b	= Bandbreite		Hz
Q	= Güte		-
f_u	= untere Grenzfrequenz		Hz
f_o	= obere Grenzfrequenz		Hz
d	=λ Dämpfung		
Z_{res}	= Impedanz bei Resonanz		Ω
R_{res}	= Resonanzwiderstand		Ω
R_p	= LC-Parallel - Ersatzwiderstand		Ω
R_v	= Verlustwiderstand Spule LC-Serie		Ω
λ	= Wellenlänge/Lambda		m

Formeln für die Funkamateurprüfung

Grenz – Frequenz Tiefpass

RC-Glied

$f_{Grenz} = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot c}$ $R = \frac{1}{2\pi \cdot C \cdot f_{Grenz}}$ $C = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot f_{Grenz}}$

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{X_c}{\sqrt{R^2 + x_c^2}}$$

LR-Glied

$f_{Grenz} = \frac{R}{2\pi \cdot L}$ $L = \frac{R}{2\pi \cdot f_{Grenz}}$ $R = 2\pi \cdot L \cdot f_{Grenz}$

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{R}{\sqrt{R^2 + x_L^2}}$$

Grenz – Frequenz Hochpass

CR-Glied

$f_{Grenz} = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$ $R = \frac{1}{2\pi \cdot C \cdot f_{Grenz}}$ $C = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot f_{Grenz}}$

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

RL-Glied

$f_{Grenz} = \frac{R}{2\pi \cdot L}$ $L = \frac{R}{2\pi \cdot f_{Grenz}}$ $R = 2\pi \cdot L \cdot f_{Grenz}$

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

SWR:

$SWR = \frac{U_v + U_r}{U_v - U_r}$ $U_v = U_r \frac{(SWR+1)}{(SWR-1)}$ $U_r = U_v \frac{(SWR-1)}{(SWR+1)}$

$VSWR := \frac{\sqrt{P_v} + \sqrt{P_r}}{\sqrt{P_v} - \sqrt{P_r}}$ $Pv = P_r \cdot \frac{(VSWR+1)^2}{(VSWR-1)^2}$ $P_r = P_v \cdot \frac{(VSWR-1)^2}{(VSWR+1)^2}$

SWR oder VSWR -> Stehwellenverhältnis oder voltage standing wave ratio

$SWR = \frac{U_{max}}{U_{min}} = \frac{R_{Antenne}}{Z_{Leitung}}$ ....wenn $R_A \geq Z_L$

$SWR = \frac{U_{max}}{U_{min}} = \frac{Z_{Leitung}}{R_{Antenne}}$ ....wenn $R_A \leq Z_L$

SWR	Pr
1:1	0%
1:1,5	4%
1:2	11%
1:3	25%
1:5	44%
1:10	67%

Formeln für die Funkamateurprüfung

Verstärkung:

$v = 10 \cdot log\frac{P_2}{P_1}$ $P_1 = \frac{P_2}{10^{\frac{v}{10}}}$ $P_2 = 10^{\frac{v}{10}} \cdot P_1$

$v = 20 \cdot log\frac{U_2}{U_1}$ $U_1 = \frac{U_2}{10^{\frac{v}{20}}}$ $U_2 = 10^{\frac{v}{20}} \cdot U_1$

Dämpfung:

$a = 10 \cdot log\frac{P_1}{P_2}$ $P_2 = \frac{P_1}{10^{\frac{a}{10}}}$ $P_1 = 10^{\frac{a}{10}} \cdot P_2$

$a = 20 \cdot log\frac{U_1}{U_2}$ $U_2 = \frac{U_1}{10^{\frac{a}{20}}}$ $U_1 = 10^{\frac{a}{20}} \cdot U_2$

Feldstärke:

$E_1 = \frac{U}{d_1}$ $E_1 \cdot d_1 = E_2 \cdot d_2$ $d_2 = \frac{E_1}{E_2} \cdot d_1$ $d_1 = \frac{E_2}{E_1} \cdot d_2$

$$E = \frac{1}{r} \cdot \sqrt{\frac{Z_0}{4\pi} \cdot P_{str_{EIRP}}}$$

$E = 7 \cdot \frac{\sqrt{P}}{d}$ $d = \frac{7 \cdot \sqrt{P}}{E}$

$$P = \frac{E^2}{49} \cdot d^2 = \left(\frac{E \cdot d}{7}\right)^2$$

E	=	Feldstärke	V/m
U	=	Spannung an Platten/ Leiter	V
d	=	Abstand der Platten / Leiter	m
Z_0	=	Feldwellenwiderstand im freien Raum	Ω
r	=	Radius (Entfernung von der Sendeantenne	m
P_{str}	=	Strahlungsleistung der Anlage	W

Wellenwiderstand:

$Z_W = \sqrt{\frac{L}{C}}$ $C = \frac{L}{Z^2}$ $L = Z^2 \cdot C$

L	=	Kurschluss Induktivität des Kabels	H
C	=	Leerlauf Kapazität des Kabels	F
Z_w	=	Wellenwiderstand	Ω

$Z = \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2}$ Anpassung λ/4 Q-Match = $Z_W = \sqrt{R_1 \cdot R_2}$

Gesamtimpedanz zweier Antennen	Ω

Formeln für die Funkamateurprüfung

CW:

$$b_{CW} = \frac{5 \cdot Wpm}{1.2} = \frac{Zpm}{1.2}$$

b_{CW}	= Bandbreite CW	Hz
Wpm	= Words per minute (Paris-Norm)	
Zpm	= Zeichen pro Minute	

AM:

$$m = \frac{\hat{u}_{NF}}{\hat{u}_{HF}} \cdot 100\%$$

$$b_{AM} = 2 \cdot f_{NFmax}$$

m	: Modulationsgrad	%
$\hat{u}_{HF}$	: Spitzenwert der unmodulierten Trägerspannung	V
$\hat{u}_{NF}$	: Spitzenwert der Amplitude	V

FM:

$$m = \frac{\Delta f}{f_{NFmax}}$$

$$b_{FM} \approx 2 \cdot (\Delta f + f_{NFmax})$$

$$b_{FM} = 2 \cdot f_{mod} + 2 f_{hub} = 2 \cdot (M + 1) \cdot f_{NF}$$

m	=	Modulationsgrad = Index	
Δf	=	Frequenzhub (Amplitude des NF Sign)	Hz
b_{FM}	=	Bandbreite FM	Hz
$f_{NF\,max}$	=	höchste Signalfrequenz (NF)	Hz

Der Frequenzhub bestimmt die Lautstärke.
Die Zahl der Frequenzänderungen um den Nennwert pro Sekunde bestimmt die Tonhöhe.

SSB:

$$b_{SSB} = f_{NFmax} - f_{NFmin}$$

$$PEP = \frac{U_{eff}^2}{R} = \frac{U_{Peak}^2}{2 \cdot R} \qquad R = \frac{U_{eff}^2}{PEP} \qquad U_{eff} = \sqrt{R \cdot PEP}$$

PEP = Peak Envelope Power
Durchschnittsleistung während einer Periode der HF-Schwingung bei der höchsten Spitze der Modulationshüllkurve
U_{Peak} = U_S V

RTTY:

$$b_{RTTY} = 2 \cdot (\frac{\Delta f}{2} + 1.6 \cdot Baud)$$

b_{RTTY}	=	Bandbreite RTTY (radio teletype)	Hz
Baud	=	Symbolrate, Symbole pro Sekunde	Bd
Δ f	=	Frequenzversatz (Shift) bei FSK oder AFSK, typisch Δ f = 170 Hz	Hz

Spiegelfrequenz:

$f_{Sp} = f_e + 2 \cdot f_Z$ wenn f_o grösser f_e

$f_{Sp} = f_e - 2 \cdot f_Z$ wenn f_o kleiner f_e

$$f_{Osz} = f_e + f_Z = f_{Sp} - f_Z$$

$$f_Z = f_{Osz} - f_e = f_{Sp} - f_{Osz} = \frac{f_{Sp} - f_e}{2}$$

$$f_e = f_{Osz} - f_z = f_{Sp} - 2 \cdot f_z$$

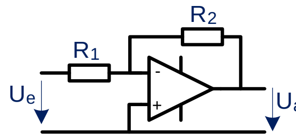
f_{Sp}	=	Spiegelfrequenz	Hz
f_e	=	eingestellte Empfangsfrequenz	Hz
f_{Osz}	=	Frequenz des Oszillators bei f_e	Hz
f_z	=	Zwischenfrequenz	Hz

Formeln für die Funkamateurprüfung

Operationsverstärker:

Invertierende OpAmp

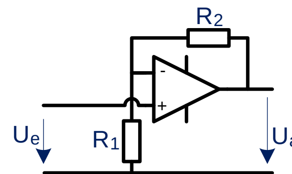
$$v = \frac{R_2}{R_1} = \frac{U_a}{U_e}$$



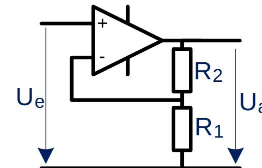
v	= Verstärkungsfaktor	
U_a	= Ausgangsspannung	V
U_e	= Eingangsspannung	V
R	= Widerstand	Ω

Nicht Invertierende OpAmp

$$v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

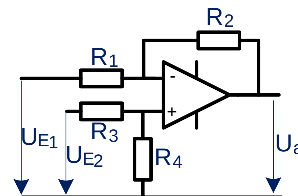


$$U_a = U_e \cdot v$$



Differenzverstärker / Subtrahierer

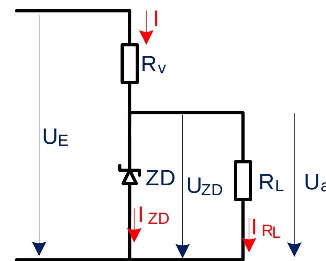
$$U_a = U_{E_2} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} - U_{E_1} \cdot \frac{R_2}{R_1}$$



Zenerdiode:

$$R_{Vmin} = \frac{U_{Emax} - U_z}{I_{Zmax} + I_{Lmin}}$$

$$R_{Vmax} = \frac{U_{Emin} - U_z}{I_{Zmin} + I_{Lmax}}$$



$$R_V = \frac{R_{Vmax} - R_{Vmin}}{2}$$

$$P_{ZD} = U_{ZD} \cdot I_{ZDmax}$$

$$I = I_{ZD} + I_{RL}$$

Formeln für die Funkamateurprüfung

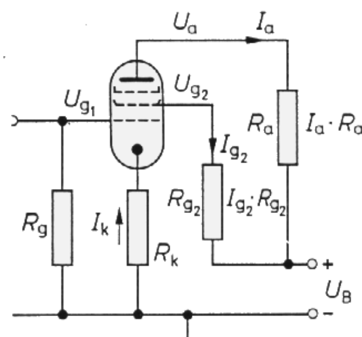
Röhren:

Verstärkungsfaktor:	$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_g}$ (bei I_a=const)	$\mu = S \cdot R_i$
Innerer Widerstand:	$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}$ (bei U_a=const)	$R_i = \frac{1}{D \cdot S} = \frac{\mu}{S}$
Steilheit:	$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g}$ (bei U_a=const)	$S = \frac{1}{D \cdot I} = \frac{\mu}{R_i}$
Durchgriff:	$D = \frac{\Delta U_g}{\Delta U_a}$ (bei I_a=const)	$D = \frac{1}{S \cdot R_i}$

$D \cdot S \cdot R_1 = 1$ Barkausche Formel

Grundformeln:

$$I_k = I_a + I_{g2} = \frac{U_{g1}}{R_k}$$



$$U_a = U_B - I_a \cdot R_a$$

$$U_{g1} = U_k = I_k \cdot R_k$$

$$U_{g2} = U_B - I_{g2} \cdot R_{g2} - U_{g1} = I_k \cdot R_k$$

$$R_k = \frac{U_{g1}}{I_a + I_{g2}} = \frac{U_{g1}}{I_k}$$

Schirmgitter-Spannungsteiler:

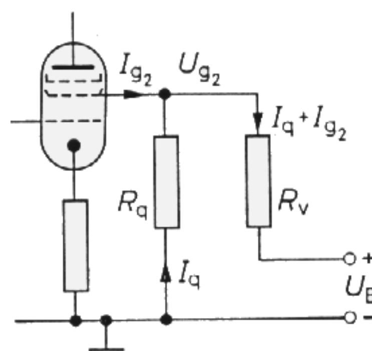
$$U_{g2} = I_q \cdot R_q = U_B - U_v$$

$$U_v = R_v(I_q + I_{g2})$$

$$\frac{U_{g2}}{U_B} = \frac{R_q}{R_q + R_v}$$

$$R_v = \frac{U_B - U_{g2}}{I_q + I_{g2}}$$

$$R_q = \frac{U_{g2}}{I_q}$$



I_a	= Anodenstrom	mA
I_{g2}	= Schirmgitterstrom	mA
I_k	= Kathodenstrom	mA
U_B	= Betriebsspannung	V
U_a	= Anodenspannung	V
U_{g2}	= Schirmgitterspannung	V
U_{g1}	= Gittervorspannung	V
R_a	= Anodenwiderstand	kΩ
R_{g2}	= Schirmgitterwiderstand	kΩ
R_k	= Katodenwiderstand	kΩ

R_v	= Vorwiderstand	kΩ
R_q	= Querwiderstand	kΩ
I_{g2}	= Schirmgitterstrom	mA
I_q	= Querstrom	mA
U_v	= Spannung an R_v	V

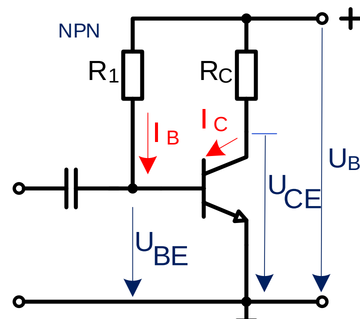
Formeln für die Funkamateurprüfung

Transistor:

Gleichstromverstärkung:

$B = \frac{I_C}{I_B}$ $I_C = B \cdot I_B$ $I_B = \frac{I_C}{B}$

Arbeitspunkteinstellung:

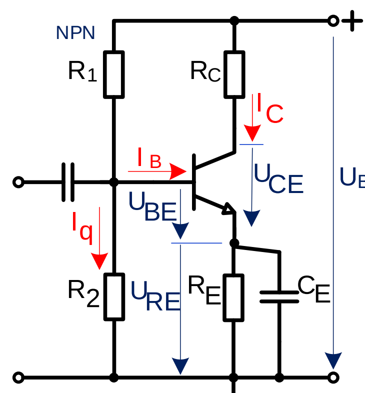


$R_1 = \frac{U_B - U_{BE}}{I_B}$

$R_C = \frac{U_B - U_{CE}}{I_C}$

$I_B = \frac{I_C}{B} = \frac{I_E}{B+1}$ $I_E = I_B \cdot (B+1)$

Basisspannungsteiler:



$$R_C = \frac{U_B - U_{CE} - U_{RE}}{I_C}$$

$$R_1 = \frac{U_B - U_{BE} - U_{RE}}{I_q + I_B}$$

$$R_2 = \frac{U_{BE} + U_{RE}}{I_q}$$

$$I_q \approx 2 \cdot I_B \ \ bis \ 10 \cdot I_B$$

$$R_E = \frac{U_{RE}}{I_C + I_B} \approx \frac{U_{RE}}{I_C}$$

Symbole	Englisch	Untere Grenze	Obere Grenze	Metrische Unterteilung	Abkürzung	Bereichs-nummer
VLF	Very low Frequency	3 kHz	30 kHz	Miriameterwellen (Längstwellen)	B.Mam	4
LF	Low frequency	30 kHz	300 kHz	Kilometerwellen (Langwellen)	B.km	5
MF	Middle frequency	300 kHz	3 MHz	Hektometerwellen (Mittelwellen)	B.hm	6
HF	High frequency	3 MHz	30 MHz	Dekameterwellen (Kurzwellen)	B.dam	7
VHF	Very high frequency	30 MHz	300 MHz	Meterwellen (Ultrakurzwellen)	B.m	8
UHF	Ultra high frequency	300 MHz	3 GHz	Dezimeterwellen	B.dm	9
SHF	Super high frequency	3 GHz	30 GHz	Zentimeterwellen	B.cm	10
EHF	Extremly high frequency	30 GHz	300 GHz	Milimeterwellen	B.mm	11
		300 GHz	3000 GHz	Dezimillimeterwellen		12

Formeln für die Funkamateurprüfung

International festgelegte Vorsätze

Zahl	Zehner-Potenz	Bezeich-nung	Abkür-zung	Beispiel
1 000 000 000 000 = 1 Billion	$= 10^{12}$	Tera	T	10^{12} Ω = 1TΩ
1 000 000 000 = 1 Milliarde	$= 10^{9}$	Giga	G	10^{9} H = 1GHz
1 000 000 = 1 Million	$= 10^{6}$	Mega	M	10^{6} Ω = 1MΩ
1 000 = 1 Tausend	$= 10^{3}$	Kilo	k	10^{3} g = 1kg
100 = 1 Hundert	$= 10^{2}$	Hekto	h	10^{2} l = 1hl
10 = 1 Zehn	$= 10^{1}$	Deka	da	10^{1} g = 1dag
1 = 1 Eins	$= 10^{0}$			
1/10 = 1 Zehntel	$= 10^{-1}$	Dezi	d	10^{-1}m = 1dm
1/100 = 1 Hundertstel	$= 10^{-2}$	Zenti	c	10^{-2}m = 1cm
1/1000 = 1 Tausendstel	$= 10^{-3}$	Milli	m	10^{-3}V = 1mV
1/1000 000 = 1 Millionstel	$= 10^{-6}$	Mikro	µ	10^{-6}H = 1µH
1/1000 000 000 = 1 Milliardstel	$= 10^{-9}$	Nano	n	10^{-9}A = 1nA
1/1000 000 000 000 = 1 Billionstel	$= 10^{-12}$	Pico	p	10^{-12}F = 1pF

SI - Basiseinheiten

Basisgrössen	Formelzeichen	Einheiten	Zeichen
Länge	*l*	Meter	m
Masse	*m*	Kilogramm	kg
Zeit	*t*	Sekunde	s
Stromstärke	*I*	Ampére	A
Temperatur	*T*	Kelvin	K
Stoffmenge	*η*	Mol	mol
Lichtstärke	I_v	Candela	cd

Abgeleitete MKSA - Einheiten

Grösse	Formelzeichen	Masseinheit	Abk. der Einheit
Ladung	*Q*	Coulomb	C = As
Spannung	*U*	Volt	V
Leistung	*P*	Watt	W = VA
El. Feldstärke	*E*	Volt pro Meter	V/m
Magn. Feldstärke	*H*	Ampére pro Meter	A/m
Frequenz	*F*	Hertz	Hz = 1/s
Widerstand	*R*	Ohm	Ω = V/A
Leitwert	*G*	Siemens	S = 1/Ω
Kapazität	*C*	Farad	F = As/V
Induktivität	*L*	Henry	H = Vs/A